तण नियंत्रणासाठी यंत्रमानव

यंत्र- तंत्राचा प्रवास भाग ६९

डॉ. सचिन नलावडे

पीक व्यवस्थापनामध्ये तणांचे नियंत्रण हे अत्यंत महत्त्वाचे काम आहे. स्थानिक भाषेमध्ये भांगलण किंवा निंदणीचे हे काम प्रामुख्याने मनुष्यबळाने, तेही महिला मजुरांच्या साह्याने करण्याचा प्रघात होता. मात्र कामांच्या काळात मजुरांची उपलब्धता ही मोठी समस्या बनत आहे. अशा स्थितीमध्ये कोळपे, पॉवर विडर याचा वापर शेतकरी करत आहेत. तण काढणासाठी आधुनिक तंत्रज्ञानयुक्त यंत्रमानवाच्या निर्मितीबाबत जगभरामध्ये संशोधन सुरू आहे. ही तण नियंत्रक यंत्रे कार्यक्षमता, अचूकता आणि पर्यावरणीय समतोल प्रदान करतात. नावीन्यपूर्ण यंत्रमानवांची माहिती घेताना त्यांच्या विविध श्रेणी, फायदे, मर्यादा याबाबत माहिती असणे आवश्यक आहे.

तण काढणारा यंत्रमानव

तण काढणारे यंत्रमानव हे स्वायत्त यंत्र आहे. ते लागवडीच्या पिकांपासून तणाची ओळख पटवणे, ते काढून टाकणे ही कामे करते. हा यंत्रमानव कृत्रिम बुद्धिमत्ता, रोबोटिक्स आणि कृषी तंत्रज्ञानाचा आकर्षक मिलाफ आहेत. यात विविध तंत्रज्ञान आणि यंत्रणांचा वापर केलेला असते. उदा. पिकांमधून तण ओळखण्यासाठी यांत्रिक दृष्टी प्रणाली (मशिन व्हिजन सिस्टिम) वापरतात. त्यासाठी विविध कॅमेरे आणि सेन्सर शेतातून दृश्य माहिती गोळा करतात. त्याचे विश्लेषण करताना वनस्पतींच्या प्रकार, आकार, रंगरूप, मोजमाप यांचा आधार घेतला जातो. त्या आधारे तण ओळखल्यानंतर आसपासच्या पिकांना हानी पोहोचू न देता तण काढून टाकण्यासाठी पुढील साधनाला सूचना किंवा संदेश देतात. या यांत्रिक साधनामध्ये विविध अवजारांनी उपटून काढणे किंवा तणनाशक फवारणीद्वारे तण मारणे या बाबींचा समावेश असू शकतो. या स्वयंचलित यंत्रमानवामुळे माणसांवरील अवलंबित्व व श्रम कमी होतात.

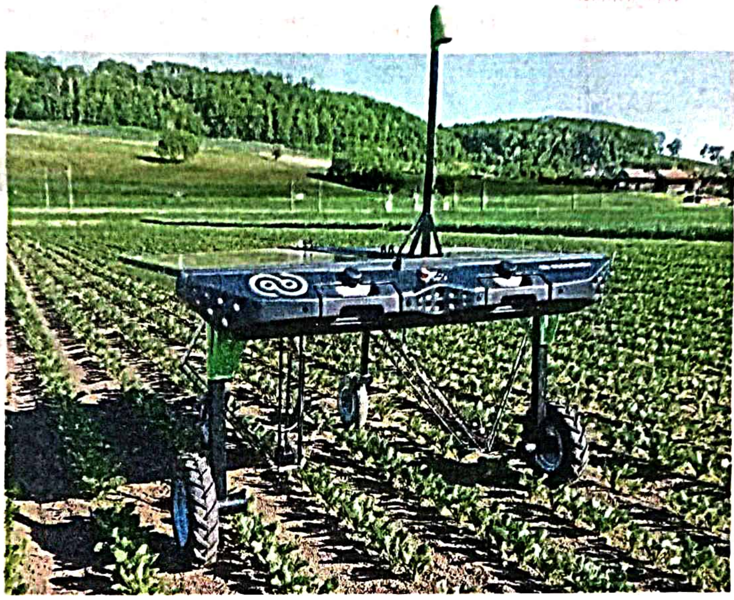
यंत्रमानवाचे प्रकार

तण काढणारे यंत्रमानवाच्या भौतिक स्वरूपात कामाची पद्धती, ज्या वातावरणात ते काम करणार आहेत, त्यानुसार काही तुलनात्मक फरक असू शकतात. ऑनबोर्ड तंत्रज्ञानातही बदल असू शकतात. मात्र त्यांच्या प्राथमिक तण शोधणे आणि काढून टाकण्याच्या पद्धतीनुसार त्यांचे वर्गीकरण लक्षात घेऊयात.

दृष्टी-आधारित यांत्रिक पद्धतीने तण काढणारे यंत्रमानव

हे यंत्रमानव प्रगत कॅमेरे आणि सेन्सर सिस्टिम यांच्या साह्याने तयार केलेली यांत्रिक दृष्टी (मशिन व्हिजन) वापरतात. त्याद्वारे पिके आणि तण यांच्यात फरक ओळखल्यानंतर तण भौतिकरित्या काढून टाकण्यासाठी यांत्रिक घटक (उदा. ब्लेड किंवा दाते) वापरले जाते. यात रसायनांचा वापर होत नसल्यामुळे सेंद्रिय किंवा पर्यावरण अनुकूल शेतीसाठी उपयुक्त मानले जातात.

आधुनिक पद्धतीने तण नियंत्रण करणारे यंत्र.



रोबोटिक विडर यंत्र

तणनाशक फवारणी करणारे यंत्रमानव

या प्रकारच्या यंत्रामध्ये तण ओळखण्यासाठी वरीलप्रमाणेच व्हिजन सिस्टिम वापरली जाते. मात्र त्यात तण काढून टाकण्याऐवजी त्या तणावर तणनाशकाची शिफारशीत मात्रा अचूक फवारतात. सध्या संपूर्ण शेतामध्ये तणनाशकाची फवारणी करण्यापेक्षा यात रसायनाचा वापर अत्यंत कमी व जिथे आवश्यक तिथेच केला जातो. त्यामुळे रसायनांचे प्रमाण कमी वापरले जाते. अविवेकी फवारणी पद्धतींपेक्षा पर्यावरणीयदृष्ट्या अधिक शाश्वत मानली जाते.

थर्मल तणनाशक यंत्रमानव

मशिन व्हिजनद्वारे तणांची ओळख पटविल्यानंतर त्यांना मारण्यासाठी उष्णतेचा वापर केला जातो. त्या तणांवर अचूक लेसर किरणांचा मारा किंवा प्रोपेन वायूच्या ज्वाला किंवा पाण्याची अतिउष्ण वाफ यांचा मारा केला जातो.

मल्टिस्पेक्ट्रल इमेजिंग यंत्रमानव

बहुतेक यंत्रमानव हे पारंपरिक कॅमेऱ्यांवर अवलंबून असताना काही यंत्रमानवामध्ये मल्टिस्पेक्ट्रल इमेजिंग तंत्रांचा वापर केला जातो. ही प्रणाली दृश्यमान आणि अदृश्य प्रकाशातून माहिती गोळा करते. त्यामुळे प्रत्येक तणांची किंवा वनस्पतींची ओळख अद्वितीय वर्णक्रमीय स्वाक्षरीनुसार (स्पेक्ट्रल सिग्नेचर) पटवली जाते. त्यामुळे त्याचा तणे शोधण्याची अचूकता वाढते. हे तंत्रज्ञान विशेषतः दाट लागवडीच्या पिकामधून तणांची ओळख पटविण्यासाठी अत्यंत उपयोगी ठरते. पुढील तण नष्ट करण्याची प्रक्रिया ही यांत्रिक किंवा रासायनिक असू शकते.

तण काढणाऱ्या यंत्रमानवाचे फायदे

- **तणाचा अधिक अचूक शोध :** यांत्रिक शिक्षण (मशिन लर्निंग) आणि प्रगत यांत्रिकदृष्टीद्वारे (व्हिजन सिस्टिम)तण शोधण्यात आणि काढून टाकण्यात विशेष अचूकता मिळू शकते. पिकांचे नुकसान होण्याचा धोका कमी होतो. मल्टिस्पेक्ट्रल इमेजिंग वापरणारे काही यंत्रमानव तणवाढीच्या सुरुवातीच्या टप्प्यात ओळखून नष्ट करू शकतात.
- **रसायनाचा कमी वापर :** बहुतांश यंत्रमानव यांत्रिकरीत्या तण काढतात किंवा लक्ष्य केंद्रित तणनाशक वापरल्यामुळे रसायनाच्या वापरात लक्षणीय घट होते.
- **शाश्वतता आणि माती आरोग्य :** यंत्रमानवामुळे तणनाशकांचा वापर शून्य किंवा कमी होतो. परिणामी, मातीचा ऱ्हास आणि भूजल दूषित होण्यापासून वाचू शकते. सर्वात महत्त्वाचे म्हणजे सरसकट तणनाशकाच्या वापरामुळे होणारा वनस्पती व सजीवांच्या जैवविविधतेचा ऱ्हास रोखला जातो.
- **माहिती संकलन :** तण नियंत्रणाच्या प्राथमिक कार्याव्यतिरिक्त हे यंत्रमानव माहिती संकलन संवेदक क्षमतांनी सुसज्ज असतात. त्यामुळे शेतीतील व पिकातील आरोग्यासह विविध माहिती गोळा करू शकतात. त्याचा पिकाच्या व्यवस्थापनासाठी मोठी फायदा होतो.
- **मजूर कमतरतेवर मात करण्याची क्षमता :** कृषी क्षेत्रात हंगामामध्ये कामासाठी मजुरांची कमतरता भासणे, ही सर्वांत महत्त्वाची समस्या बनत आहे. अशा स्थितीमध्ये श्रम कमी करणारी यंत्रमानवासारखी स्वायत्त यंत्रे अत्यंत महत्त्वाची ठरणार आहेत.

यंत्रमानवाच्या मर्यादा

तण काढणाऱ्या यंत्रमानवाच्या संशोधन आणि विकासावर लक्ष दिले जात असले तरी अद्याप त्यांच्या कामकाजाविषयी किंवा कामांच्या एकूणच अंमलबजावणीसंबंधी अनेक मर्यादा आणि आव्हाने आहेत. या मर्यादा तांत्रिक, आर्थिक किंवा विद्यमान शेती प्रणालींमध्ये जुळवणूकीशी संबंधित असू शकतात.

- **उच्च प्रारंभिक खर्च :** यंत्रमानव आणि संबंधित तंत्रज्ञान हे आर्थिकदृष्ट्या अद्याप सामान्य शेतकऱ्यांच्या आवाक्याबाहेर आहे. या प्रकारच्या यंत्रमानवाची किंमत ५ लाख ते २५ लाखांदरम्यान आहेत. ही मोठ्या शेतकऱ्यांसाठी महत्त्वपूर्ण गुंतवणूक ठरत असली, तरी लहान आणि मध्यम शेतकऱ्यांसाठी आर्थिक भार ठरू शकते. एकाचवेळी करावी लागणारी ही गुंतवणूक त्यांना शक्य नाही किंवा त्यासाठी कर्जाच्या सापळ्यामध्ये अडकण्याची भीती आहे. कारण यंत्रमानव घेऊन त्याच्या स्वतःच्या शेतात वापर किंवा भाडेतत्त्वावर देऊनही किंमत वसूल होण्यासाठी दीर्घकाळ लागू शकतो.

स्वायत्त विरुद्ध अर्ध-स्वायत्त यंत्रमानव

बहुतेक तण काढणारे यंत्रमानव स्वायत्तपणे काम करू शकतात. मात्र काही प्रारूपामध्ये मानवी इनपुट किंवा देखरेखीची आवश्यकता असते. पूर्णपणे स्वायत्त यंत्रमानव मानवी हस्तक्षेपाशिवाय शेतात फिरू (नेव्हिगेट) करू शकतात. तण ओळखू शकतात आणि ते काढून टाकू शकतात. दुसरीकडे अर्ध-स्वायत्त यंत्रमानवांना माणसाने नियंत्रित (मॅन्युअल नेव्हिगेशन) करून चालवावे लागते. किंवा माणसाकडून काही प्रमाणात देखरेखीची आवश्यकता असू शकते. त्यानंतर ते स्वतंत्रपणे तण ओळखून आणि काढून टाकण्याची प्रक्रिया हाताळू शकतात.

- **वापरण्यास जटिल तंत्रज्ञान :** हे यंत्रमानव वापरण्यासाठी तंत्रज्ञानाची विशिष्ट समज असावी लागेल. कारण त्यात जोडणी (सेटअप), मूळ काम (ऑपरेशन) आणि देखभाल प्रक्रियांचा समावेश आहे. अल्पशिक्षित व तंत्रज्ञानाची माहिती नसलेल्या शेतकऱ्यांसाठी हे थोडेसे कठीण ठरू शकते. मात्र ग्रामीण पातळीवर काम करू इच्छिणाऱ्या प्रशिक्षित तरुणांसाठी सुवर्णसंधी ठरू शकते. कृषी अभियांत्रिकी आणि मेकाट्रोनिक्स सारखे उच्चशिक्षण घेऊन तरुण या व्यवसायामध्ये जम बसवू शकतात.
- **विश्वसनीय संदेशवहन जोडणीची आवश्यकता :** स्वायत्त तण काढणारे यंत्रमानव सामान्यतः माहितीचे देवाणघेवाण (डेटा ट्रान्समिशन), नवीन सुधारणा (अपडेट्स) आणि परिचलनासाठी (नेव्हिगेशनसाठी) कनेक्टिव्हिटीवर अवलंबून असतात. म्हणून, दुर्गम भागात इंटरनेट किंवा जीपीएस कनेक्टिव्हिटी विश्वसनीय नसलेल्या ठिकाणी कामात आव्हाने निर्माण होऊ शकतात.
- **परिचालन आणि नियंत्रण (नेव्हिगेशन आणि मॅन्युव्हरेबिलिटी) :** अनेक तण काढणारे यंत्रमानव तुलनेने सपाट आणि अंदाजे भूभागावर नेव्हिगेट करण्यासाठी सुसज्ज असले, तरी शेतातील असमान, चढउताराची जमीन, अडथळे यात काम करताना अडचणी येऊ शकतात. अर्थात, या साऱ्या आव्हानांवर मार्ग काढण्यासाठी कृषी रोबोटिक्स तज्ज्ञ सतत प्रयत्न करत आहेत.

बाजारपेठेचा आवाका

कृषी यंत्रमानव बाजारपेठेचा तणनाशक यंत्रमानव हे एक छोटा उपविभाग आहे. मागील काही वर्षांमध्ये तणनाशक यंत्रमानव उद्योगाची किंमत अंदाजे २० लाख कोटी डॉलर होती. मुख्यत्वे मजुरांच्या कमतरतेचा वाढता दबाव आणि अधिक शाश्वत शेती पद्धतींच्या मागणीमुळे पुढील ५ वर्षांत ही बाजारपेठ १० पट वाढण्याची अपेक्षा व्यक्त केली जात आहे. लोकसंख्या अधिक असूनही कष्टदायक कामांसाठी मजुरांची उपलब्धता होत नसल्यामुळे भारतासारख्या कृषिप्रधान बाजारपेठेमध्ये यांत्रिकीकरण आणि तंत्रज्ञान वापर वेगाने वाढत आहे. त्यामध्ये भविष्यात यंत्रमानव महत्त्वाची भूमिका बजावणार आहेत.

- डॉ. सचिन नलावडे,
९४२२३८२०४९,
(प्रमुख, कृषी यंत्रे आणि शक्ती विभाग,
डॉ. अण्णासाहेब शिंदे कृषी अभियांत्रिकी आणि तंत्रज्ञान महाविद्यालय, महात्मा फुले कृषी विद्यापीठ, राहुरी)